

# Ecología numérica de la familia Myrtaceae en la parcela permanente de 50-ha en Barro Colorado, lago Gatún, Panamá

## Subtítulo

## Subtítulo

**Rosee Aurelina Félix Méndez**     *Estudiante, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)*

---

Resumen del manuscrito

*Keywords:* Myrtaceae, Ecología numérica, BCI

---

### 1 Introducción

La isla de Barro Colorado (BCI, por sus siglas en inglés) se formó al término del canal de Panamá en 1974, desde su creación se ha utilizado como centro de investigación debido a su gran reserva natural. Se considera monumento natural protegido por el gobierno de Panamá junto a las penínsulas Peña Blanca, Bohío, Buena Vista, Frijoles y Gigante. La parcela permanente de 50 hectáreas se encuentra en el bosque húmedo tropical de la isla de Barro Colorado. Se estableció en 1980, desde entonces se han realizado 8 censos (aprox. 1 cada 5 años) en cual se toman en cuenta árboles de tallos leñosos con un diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 10 mm, y como resultado en cada censo, se han identificado, censado y mapeado más de 350, 000 árboles individuales (Hubbell, Condit, & Foster, 2021).

Se ha seleccionado el censo número 8 de esta reserva natural por ser el más reciente y a esta reserva natural en particular debido a la gran cantidad disponible de datos censales que a través de la Ecología numérica nos permitirán conocer rasgos básicos de la estructura y composición de la comunidad de plantas mirtáceas en relación con factores ambientales.

Las mirtáceas ( Myrtaceae Juss) son una familia de plantas leñosas del orden Myrtales. La mayoría de las especies son árboles, también hay muchas que son arbustos o subarbustos. Algunas especies producen flores y frutos, otras raíces adventicias. Se distribuyen principalmente en zonas tropicales y templadas, con poca representación en la región africana. La familia cuenta con unos 142 géneros y más de 5.500 especies, incluyendo *Psiloxylon* y *Heteropyxis*, también pueden ser citadas por otros autores como familias monogenéricas Psiloxylaceae y Heteropyxidaceae. Cabe destacar que la familia integra los árboles más altos (110-140 m) del planeta ( *Eucalyptus*) y al género más numeroso (1200–1800 especies) que existe ( *Syzygium*), los subarbustos rizomatosos de los géneros de la sabana ( *Psidium*, *Campomanesia* y *Eugenia*), el género *Metrosideros* que contiene especies arbóreas con muchas raíces adventicias, y otros géneros son lianas trepadoras de raíces. También hay un mangle, el monotípico *Osbornia*, un pequeño árbol que carece de neumatóforos (Wilson, 2010).

R

En este trabajo se harán estudios de asociación, agrupamiento, diversidad y ecología espacial en relación a factores ambientales con los datos disponibles del censo número de 8 de la parcela permanente de 50-ha con ecología numérica en R para comprender mejor la estructura y composi-

ción de la comunidad de mirtáceas en la foresta tropical de Barro Colorado.

## 2 Metodología

### Ambito geográfico

La parcela permanente de 50 hectáreas es un bosque húmedo tropical que fue establecido en 1980 por Stephen Hubbell y Robin Foster en la meseta central de la isla de Barro Colorado (latitud 9° 9'N, longitud 79° 50'O). Posee 1,000 m de largo por 500 m de ancho, se divide en 1250 cuadrantes de 20x20 m (ver figura 1). En la parcela, todos los tallos leñosos con un DAP mayor o igual a 1 cm se encuentran marcados, enumerados, mapeados e identificados hasta el nivel de especie. Cada 5 años, esta parcela es censada para evaluar el crecimiento, la mortalidad y el reclutamiento de nuevas generaciones de plantas. Como resultado de estos censos se han registrado mas de 300 especies de árboles, arbustos y palmas con el propósito de conocer la historia de vida de las especies, interacciones y dinámica de la comunidad (Pérez et al., 2005).

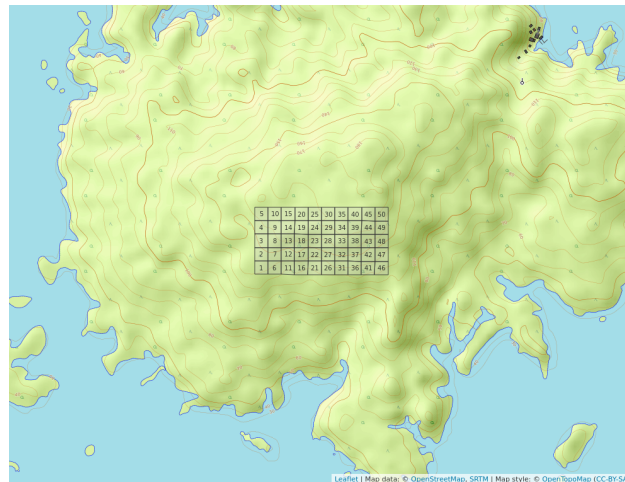


Figure 1: Parcela permanente de 50-ha dela isla Barro Colorado, lago Gatún, Panamá

### Materiales y Métodos

Se exploraron los datos del censo número 8 disponibles en la página web del censo (Hubbell et al., 2021), organizados en dos matrices: la matriz de comunidad, la cual recopila la información referente a las especies de la parcela permanente de 50-ha, y la matriz ambiental, que contiene la información referente a las variables de suelo, geomorfológicas, litológicas y de tipo de habitat. Los análisis, tablas, figuras y gráficos se realizaron con los scripts de análisis de José R. Martínez (Batlle, 2020) y con ayuda de los paquetes de R para análisis estadísticos y ecológicos (R Core Team, 2019), cabe destacar los paquetes *vegan* (Oksanen et al., 2019), *tidyverse* (Wickham, 2017), *sf* (Pebesma, 2018), *mapview* (Appelhans, Detsch, Reudenbach, & Woellauer, 2019) y *leaflet* (Cheng, Karambelkar, & Xie, 2018) que fueron los más utilizados.

## 3 Resultados

La familia Myrtaceae está presente en la parcela permanente de 50-ha de BCI con una abundancia de 5,579 individuos pertenecientes a 7 especies, de las cuales las más abundantes son *Eugenia galalonensis* y *Eugenia oerstediana*, representadas con 1,975 y 1,838 individuos cada una, y

las especies más raras son *Psidium friedrichsthalianum* y *Myrcia gatunensis*, con 58 y 56 individuos respectivamente (ver tabla 1).

Table 1: Abundancia por especie de la familia Myrtaceae

Latin	n
<i>Eugenia galalonensis</i>	1975
<i>Eugenia oerstediana</i>	1838
<i>Eugenia coloradoensis</i>	609
<i>Chamguava schippii</i>	541
<i>Eugenia nesiotica</i>	502
<i>Psidium friedrichsthalianum</i>	58
<i>Myrcia gatunensis</i>	56

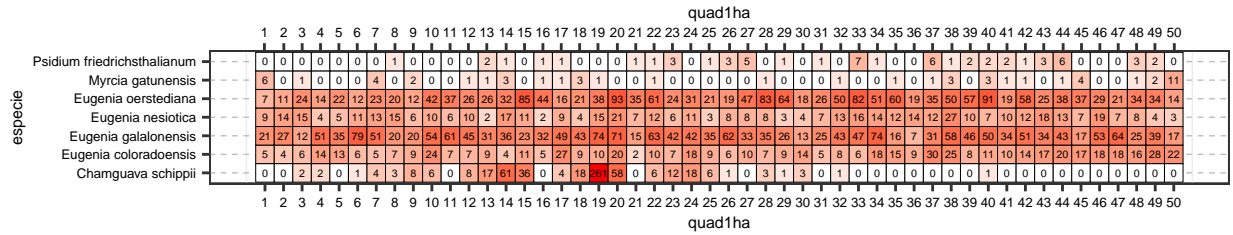


Figure 2: Abundancia de especies por quadrat

La distancia de chi-cuadrado y la distancia de Jacard infieren que las especies del género *Eugenia* presentan un patrón de dependencia (*E. oerstediana*, *E. galalonensis*, *E. nesiotica* y *E. coloradoensis*), debido a que tienen distancias euclideas muy pequeñas, es decir, altos grados de asociación; y las especies *Psidium friedrichsthalianum*, *Myrcia gatunensis* y *Changuava schippii* presentan un posible patrón independiente, no parecen asociarse con otras (ver 3). El índice de correlación de Pearson y de Spearman infieren que estos patrones pueden estar produciéndose debido a la disponibilidad de *Al*, *P* y escasez de *Ca*, y a la presencia de los atributos del terreno geomorfología de llanura, elevación media y a una relación negativa con la heterogeneidad ambiental, geomorfología de vertiente, geomorfología de vaguada y pendiente media (ver correlogramas 4 y 5).

El método de agrupamiento Ward de varianza mínima en comparación con el mapa de calor sugiere que las mirtáceas de la parcela permanente de 50-ha de BCI se distribuyen en 4 grupos, de 2, 13, 15 y 20 sitios, respectivamente (ver mapa 6). Los métodos de agrupamiento aglomerativos por enlace simple, por enlace completo y por enlace promedio (grupos de pares no ponderados con media aritmética, UPGMA por sus siglas en inglés) destacan la singularidad de este grupo formado por dos sitios (14 y 19), en suma, el muestreo de bootstrap multiescalar respalda este grupo con un probabilidad de bootstrap (BP) de 76 % y probabilidad de valores aproximadamente insesgados (AU) de 99 %, de que se un grupo real (ver dendrograma 7). No hay patrones consistentes con alguna variable ambiental o atributo, aunque las mirtáceas tienen claras preferencias por el conjunto de variables (*Al*, *Fe*, *Mn*, *N. min.*, etc.) y atributos del terreno (curvatura perfil media, curvatura tangencial media, elevación media, etc.) (ver correlograma 8).

Para este agrupamiento, el análisis de especies indicadoras mediante IndVal para una significancia menor de 0.005, propuso como especie asociada como indicadora del grupo 3 a *Chamguava schippii*, para el conjunto de grupos 1+2 *Eugenia coloradoensis* y para el conjunto de grupos 3+4

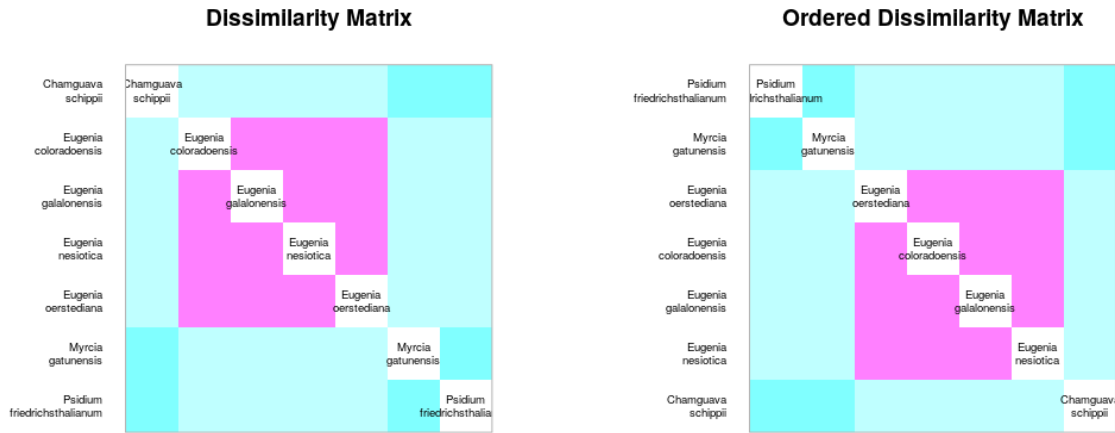


Figure 3: Matriz de disimilaridad de Jacard



Figure 4: Matriz de correlación, índice Pearson

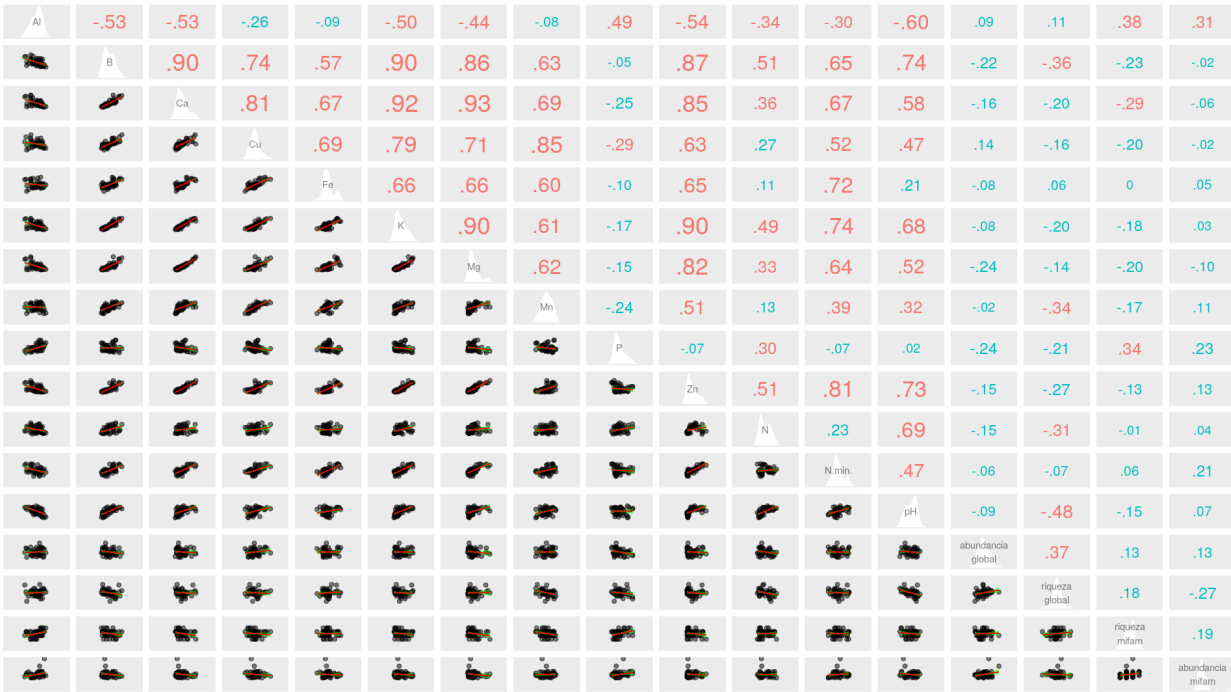


Figure 5: Matriz de correlación, índice de Spearman

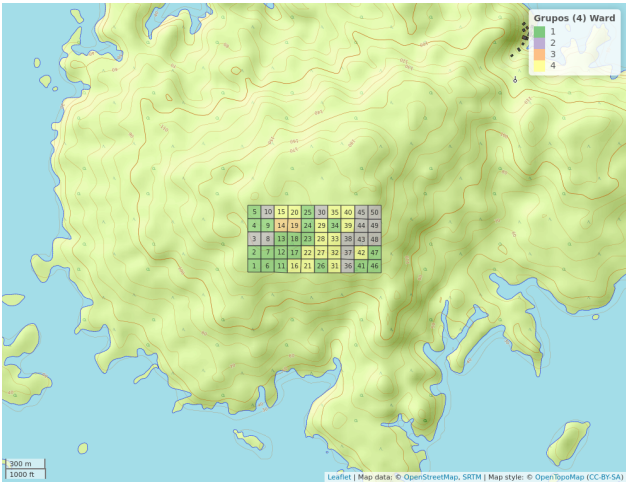


Figure 6: Agrupamiento por el método Ward de varianza mínima de las mirtáceas

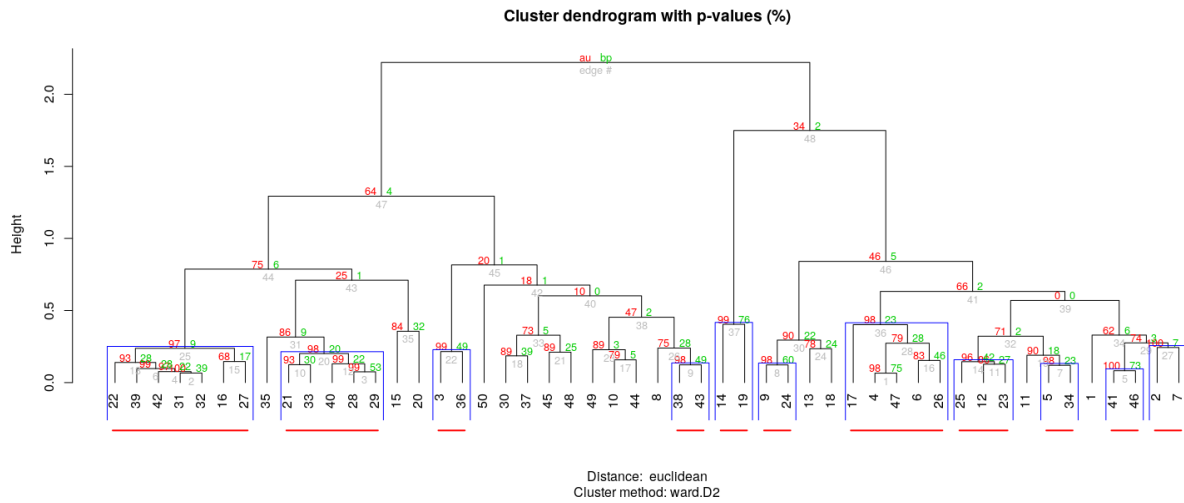


Figure 7: Dendrograma, agrupamiento Ward con los porcentajes del remuestreo de bootstrap multiescalar

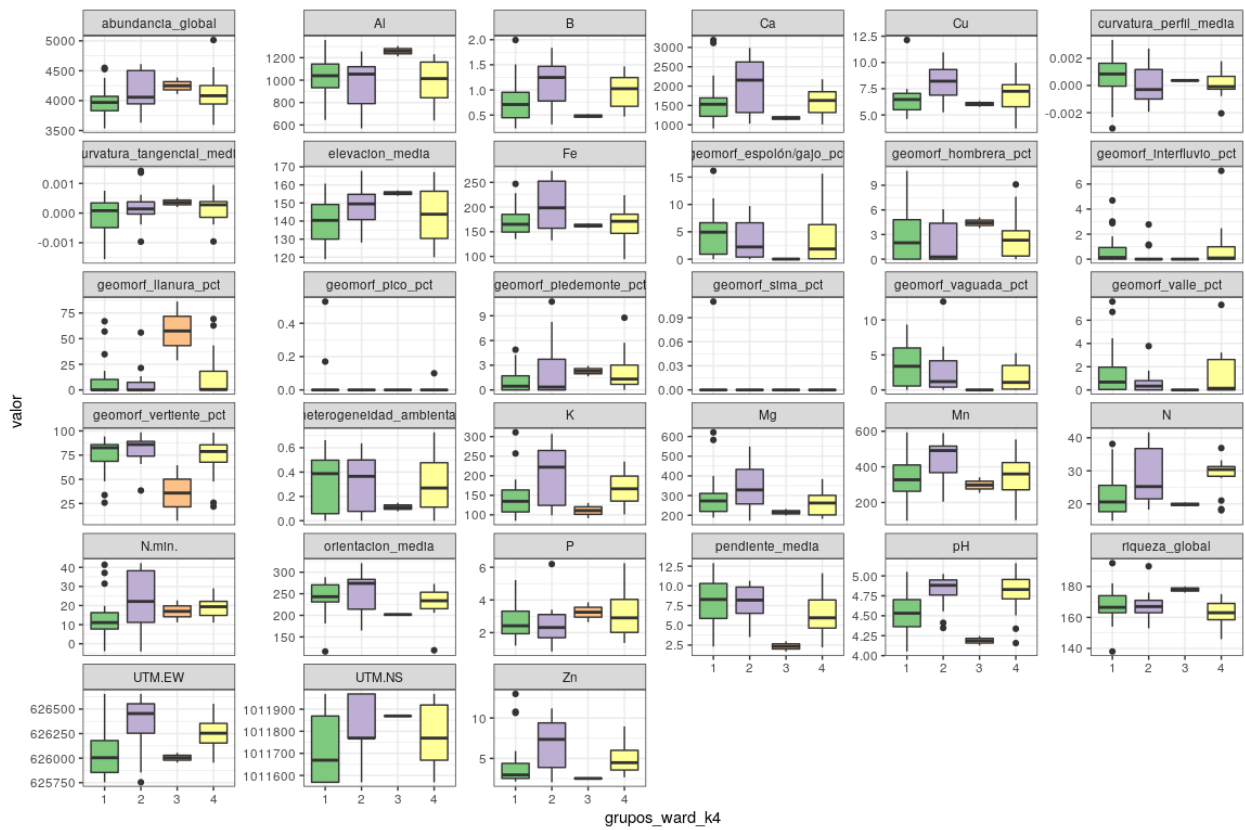


Figure 8: Correlograma grupos Ward con variables ambientales y atributos

*Eugenia oerstediana*; y el análisis de especies con preferencia por hábitat mediante el coeficiente de correlación biserial puntual para una significancia menor de 0.005, sugirió que *Eugenia coloradoensis* tiene preferencia por el grupo 2, *Chamguava schippii* por el grupo 3 y *Eugenia oerstediana* por el grupo 4.

Según los análisis de estimación de riqueza (Homogeneous model, Homogeneous, los Chao y los Jackknife), la completitud de muestra se alcanzó al 100% para las mirtáceas de este ámbito geográfico por lo que no sería necesario aumentar el esfuerzo de muestreo ya que no se espera encontrar otras especies en BCI. La diversidad alpha para los grupos Ward, los cuatro presentaban la riqueza máxima (7 especies) con diferentes abundancias (1882, 1205, 553 y 1939, respectivamente). Para los grupos Ward, la riqueza máxima fue estimada y observada, por lo que también se alcanzó la completitud de muestra al 100% y al 98% para el grupo 3 (grupo con la menor abundancia), y no será necesario aumentar los esfuerzos de muestreo.

La riqueza (N0), E2 y N2 de Hill sugieren que la diversidad de mirtáceas presenta una correlación positiva importante con *Al*, *P*, *Ca* y *Fe*, en suma la equidad de Pielou (J), los ratios de Hill (E1 y E2) y N2 infieren una correlación positiva notable con la presencia de la geomorfología de pendiente media.

*Changuava schippii* y *Eugenia oerstediana* son las especies que hacen contribución a la diversidad beta, éstas están bien representadas (la primera con gran dominancia) en los sitios 14 y 19 (grupo 3 Ward) que hacen contribución a la diversidad beta, el 14 es uno de los cinco sitios que poseen la riqueza máxima (los demás sitios son 13, 17, 22 y 40). Este patrón puede estar relacionado con las preferencias de este grupo.

La prueba I de Moran sugiere que las mirtáceas de esta localización presentan patrones aglomerados al menos con la vecindad de primer orden que implica hasta 50 sitios, con excepción de *M. gatunensis* que muestra un patrón espacial aleatorio. Cabe destacar que para *C. schippii* existe una autocorrelación espacial en términos positivos también para los vecinos de segundo orden y en términos negativos del cuarto al sexto orden e infiere que puede estar asociada a la distribución *Al*, *P*, *Fe*, bajos valores de *Cu*, *N. min.*, y la geomorfología de curvatura perfil media y orientación media; para *E. nesiotica* y *E. oerstediana* una autocorrelación negativa con vecinos de tercer a cuarto orden y de cuarto a quinto orden, respectivamente, es decir, su abundancia disminuye en esas vecindades cuando aumenta en la de primer orden y viceversa. Los modelos de distribución de especies (SDM) parecen estar prediciendo bien la ocurrencia de dichas especies.

La autocorrelación mediante la prueba de Mantel muestra hay una correlación espacial inducida por alguna variable en términos positivos para el primer orden y en términos negativos para el tercer y sexto orden (hasta 500 metros). La prueba Yo de Moran evidencia que *C. schippii* muestra un posible patrón de correlación inversa con el *B*, *Ca*, *Zn*, *N* y *pH*; para *E. coloradoensis* infiere un patrón en términos positivos con *Ca* y *N. min.* y de igual manera para *E. galalonensis* con la geomorfología de vaguada pct y pendiente media.

#### 4 Discusión

#### 5 Agradecimientos

#### 6 Información de soporte

...

## 7 Script reproducible

...

### Referencias

- Appelhans, T., Detsch, F., Reudenbach, C., & Woellauer, S. (2019). *Mapview: Interactive viewing of spatial data in r*. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=mapview>
- Batlle, J. R. M. (2020). biogeografia-master/scripts-de-analisis-BCI: Long coding sessions (Version v0.0.0.9000). <https://doi.org/10.5281/zenodo.4402362>
- Cheng, J., Karambelkar, B., & Xie, Y. (2018). *Leaflet: Create interactive web maps with the javascript 'leaflet' library*. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=leaflet>
- Hubbell, S., Condit, R., & Foster, R. (2021). Forest Census Plot on Barro Colorado Island. Retrieved May 5, 2021, from <http://ctfs.si.edu/webatlas/datasets/bci/>
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., ... Wagner, H. (2019). *Vegan: Community ecology package*. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pebesma, E. (2018). Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal*, 10(1), 439–446. <https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009>
- Pérez, R., Aguilar, S., Condit, R., Foster, R., Hubbell, S., & Lao, S. (2005). Metodología empleada en los censos de la parcela de 50 hectareas de la isla de barro colorado, panamá. *Centro de Ciencias Forestales Del Tropico (CTFS) Y Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI)*, 1–24.
- R Core Team. (2019). *R: A language and environment for statistical computing*. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Wickham, H. (2017). *Tidyverse: Easily install and load the 'tidyverse'*. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=tidyverse>
- Wilson, P. G. (2010). Myrtaceae. In *Flowering plants. eudicots* (pp. 212–271). Springer.